

## Aplicaciones del compost producido a partir de la fracción sólida del proceso de tratamiento integral de purines SELCO-Ecopurín® en la restauración ecológica

Cortina<sup>1</sup>, J., Fuentes<sup>2</sup>, D., Valdecantos<sup>2</sup>, A., Casanova<sup>1</sup>, G.

<sup>1</sup> Departament d'Ecologia. U. d'Alacant. Ap. 99 03080 Alacant (Spain)

<sup>2</sup> CEAM. C/ C. Darwin 14. Parc Tecnològic 46980 Paterna, València (Spain)

### Resumen

La concentración de purines en las granjas porcinas supone un grave problema ambiental cuya solución requiere estrategias innovadoras. Los purines contienen cantidades elevadas de algunos nutrientes esenciales para el crecimiento de los vegetales. Además, mediante compostaje junto a residuos con elevado contenido de carbono se puede conseguir un producto con elevado valor fertilizante. El uso forestal de estos productos es ampliamente conocido, y sin embargo su aplicación en la restauración ecológica y la conservación de suelos se encuentra aún en una fase preliminar. En este trabajo discutimos la potencialidad de este tipo de aplicaciones, y presentamos los primeros resultados de un proyecto destinado a producir substratos artificiales de calidad a partir del compostaje de la fracción sólida del proceso de tratamiento integral de purines SELCO-Ecopurín®.

### Abstract

Solutions to the environmental problems associated to pig farms require innovative approaches. Pig slurry contain substantial amounts of some nutrients that are essential for plant growth. Slurry can easily be valorized through composting with other organic residues. There is a long tradition of use of organic residues in forestry, but their use for ecological restoration and soil conservation is still not fully developed. In this contribution, we discuss the potential for the use of pig slurry in ecological restoration, and present preliminary data from a project aimed at the production of high quality growing media for the production of forest seedlings from the solid fraction of the integral treatment of pig slurry SELCO-Ecopurin®.

### 1. Problemática de los residuos orgánicos

La intensificación de las prácticas ganaderas en la Comunidad Valenciana y, en general, en todos los países de la Unión Europea ha acentuado los problemas ambientales ligados a la producción de residuos ganaderos. De las granjas de pocas unidades asociadas muy directamente a superficies agrícolas sobre las que aplicar los desechos animales se ha pasado a la instalación de granjas de tipo industrial separadas del sector agrícola (Coll, 1993). En la década de los 80 este tipo de explotaciones de cría intensiva (especialmente avícola y porcina), junto a un uso excesivo e ineficiente de fertilizantes inorgánicos, provocó un

deterioro de la calidad de las aguas asociado, sobre todo, a la acumulación de nitratos. Esta problemática se había presentado anteriormente en los EE.UU. (Früchtenicht et al., 1978). A raíz de estas observaciones se redactó la Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias (DOCE L 375 de 31/12/1991, rectificada en el DOCE L 092 de 16/04/1993). En ella se limita la cantidad de nitrógeno aplicable por hectárea de cultivo a 170 kg N, susceptible de ser ampliado en los primeros programas de acción cuatrienal por los Estados miembros a 210 kg N/ha. Esta Directiva comunitaria fue transpuesta a nivel estatal (Real Decreto 261/1996 – BOE nº61 de 11 de marzo de 1996) y autonómico (e.g. Orden de 29 de marzo de 2000 de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación – DOGV nº3727 de 10 de abril de 2000) aprobándose el Código Valenciano de Buenas Prácticas Agrarias. El Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana contempla como residuos asimilables a urbanos a los residuos de origen industrial y agropecuario que no son especiales ni inertes pero que por sus características pueden asimilarse a residuos sólidos urbanos (RSU). En este apartado se incluyen los restos orgánicos animales y los restos orgánicos vegetales inadecuados para consumo. El Plan de Gestión de los residuos incluye el aprovechamiento de los mismos como fertilizantes y acondicionadores del suelo, ya que con la utilización de estos residuos en la agricultura se consiguen varios objetivos: el control del vertido y su depuración biológica (evitando la contaminación de las aguas), el abaratamiento de los costes de las explotaciones agrícolas y la mejora agronómica de los terrenos de cultivo. La aplicación de estos residuos ricos en materia orgánica a suelos de cultivo afecta a las propiedades químicas, físicas, y biológicas de los suelos (Navarro et al., 1995).

## 2. Posibilidades de reutilización y valorización

El uso de residuos orgánicos en medios forestales es relativamente modesto si lo comparamos con alternativas como el vertido y la aplicación agrícola. Sin embargo, las aplicaciones forestales han experimentado un incremento espectacular en los últimos años, incremento que se ha visto favorecido por la legislación ambiental. La utilización de biosólidos en la restauración de zonas degradadas es frecuente en los EE.UU., Australia, Nueva Zelanda y varios países europeos (Slick & Curtis, 1985; Moffat et al., 1991; Constantini et al. 1995; Pibot, 1998; Williams, 1998; se pueden consultar diversos ejemplos ilustrativos en <http://faculty.washington.edu/clh>) (Fig. 1). En España se han llevado a cabo diversas experiencias de aplicación de residuos orgánicos para la restauración de campos abandonados, antiguas canteras y otras zonas degradadas (Navas, 1996; Ibáñez et al., 1993; Seva et al., 1996; Valdecantos et al., 1996; Alcañiz et al., 1997; Sort, 1997; Martínez et al., 1999; Valdecantos, 2000; Valdecantos, 2001; Valdecantos et al., 2001) (Fig. 2 y 3).



**Figura 1.** Bosque de Whakarewarewa (Rotorua, Nueva Zelanda). Aguas residuales procedentes de la comunidad y de la industria papelera que aparece en el fondo de la imagen se utilizan para la fertilización de plantaciones forestales de especies de interés comercial (especialmente *Pinus radiata*). (Foto: J. Cortina)

Gracias a las propiedades físico-químicas de los residuos orgánicos, en muchos casos su aplicación supone una mejora del estado nutricional de las plantas y un incremento de la producción (Moffat et al., 1991; Prescott et al., 1993; Henry et al., 1994; Querejeta et al., 1998; Valdecantos, 2001). Aunque también se han detectado respuestas nulas a la aplicación de este tipo de productos, e incluso negativas (Loftin & Aguilar, 1994; Torbert & Johnson, 1993; Arduini et al., 1994). Entre las causas de estos resultados se encuentran la toxicidad por presencia de metales pesados o excesiva concentración salina, la anoxia y la competencia con otras plantas.

Además de los efectos directos sobre la vegetación, en la aplicación de residuos orgánicos en medios forestales se debe tener en cuenta una serie de limitaciones ambientales relacionadas con los riesgos de eutrofización, contaminación con patógenos, malos olores, proliferación de insectos, etc (ver por ejemplo Krogman et al., 1998).

En medios forestales mediterráneos, los residuos orgánicos pueden ser de utilidad en ámbitos como la producción de sustratos artificiales para la producción de planta forestal (Soliva, 1999), la aplicación de enmiendas para recuperar la fertilidad perdida por usos inapropiados del suelo, y un largo etcétera de aplicaciones incluidas en la llamada ecotecnología, entre las que se encuentran la producción de mulches, mantas protectoras, etc.



**Figura 2.** Aplicación experimental de biosólidos en bosques de *Pinus halepensis* de la provincia de Alicante mediante disco dispersador. (Foto: J. Cortina)



**Figura 3.** Aplicación de biosólidos en la superficie del hoyo de plantación en repoblaciones de encina carrasca *Quercus ilex* en la provincia de Valencia. (Foto: A. Valdecantos).

### 3. Compostaje de purines

Una alternativa a la aplicación del producto en bruto es el compostaje previo. El compost debe ser un producto inocuo y libre de sustancias fitotóxicas. Las características que justifican el empleo de formas compostadas serían:

- El efecto directo sobre la macroestructura de los suelos debido a su gran contenido de materia orgánica
- La influencia sobre el volumen de los poros, que da como resultado una mejora de la humedad y del intercambio de gases.
- El incremento de la retención de nutrientes en forma disponible para las plantas, debido al elevado contenido de nutrientes y capacidad de intercambio catiónico.
- La reducción del riesgo de erosión por la mejora de la estructura del suelo.

Por otra parte, el compostaje permitiría la eliminación de malos olores y la obtención de una textura más homogénea, con lo que se facilitaría el manejo.

Existen numerosos métodos para compostar residuos orgánicos. Según Williams, (1998), los costes del compostaje oscilarían entre poco más de 4.000 pesetas  $Tm^{-1}$  y casi 17.000 ptas  $Tm^{-1}$  en función del método escogido, y sin contar con que la velocidad de compostaje puede ser muy diferente.

Los purines y sus productos derivados son excelentes candidatos al compostaje, gracias al elevado contenido de nutrientes y materia orgánica. Sin embargo, por esta misma razón, resulta conveniente mezclarlos con otros productos con un elevado contenido de carbono. Estos productos, además, permiten regular el contenido de humedad, con frecuencia excesivo en purines y derivados. Entre los compuestos carbonados se encuentra una multitud de residuos fácilmente accesibles como restos de poda urbana, residuos agrícolas, subproductos de la industria forestal y papelera, etc. (McCalla et al., 1977; Soliva, 1999).

**Tabla 1.** Costes del compostaje en función del sistema empleado (a partir de Williams, 1998).

SISTEMA DE COMPOSTAJE	COSTE EN EUROS/TM	COSTE EN PESETAS/TM
Aire libre y volteo	25.2-33.6	4193-5591
Aire libre y aireación forzada	28.56-36.96	4752-6150
A cubierto y aireación forzada	33.6-50.4	5591-8386
Tunel simple sin volteo	50.4-58.8	8386-9783
Tunel complejo con volteo	58.8-67.2	9783-11181
Recinto cerrado (presión negativa)	58.8-75.6	9783-12579
Reactor	75.6-100.8	12579-16772

#### 4. Producción de compost a partir de fracción sólida del proceso de tratamiento integral de purines SELCO-Ecopurín®

La empresa de ingeniería SELCO y el Departamento de Ecología de la Universidad de Alicante han iniciado recientemente un proyecto de investigación cuyo objetivo es la valorización de la fracción sólida procedente del proceso de tratamiento integral de purines Ecopurín®, a través del diseño de nuevos productos ecotecnológicos. Entre otras propuestas, se ha identificado la producción de sustratos artificiales para la producción de planta forestal como una de las alternativas más prometedoras, por su potencial económico, y por las limitaciones que presentan los actuales sustratos. Entre los aspectos mejorables se encuentran el precio, el carácter destructivo de las explotaciones, y algunas propiedades físico-químicas que dificultan la fase de crecimiento en vivero y posterior establecimiento de los plantones.

Para el desarrollo de este proyecto, hemos llevado a cabo el compostaje de la fracción sólida antes aludida (Tabla 2) junto a cuatro residuos carbonados de fácil disponibilidad.



**Tabla 2.** Principales características de la fracción sólida procedente del tratamiento integral de purines Ecopurín® utilizada para el compostaje.

	CONTENIDO HUMEDAD	CONTENIDO MATERIA SECA	DENSIDAD APARENTE	C	N	C:N
	%	%	g cm <sup>3</sup>	%	%	
Fracción Sólida Ecopurín®	86,3	13,7	1,1	40,1	3,3	12,2

En concreto se optó por utilizar:

- **Restos leñosos carrasca** (en adelante QI): Restos del clareo de sotobosque y la poda de una masa mixta de pino carrasco (*Pinus halepensis*) y carrasca (*Quercus ilex* ssp. *ballota*).
- **Restos leñosos pino** (en adelante PH): Restos del clareo de sotobosque y la poda de pinar de pino carrasco (*Pinus halepensis*).
- **Restos de viña** (en adelante VI): restos de la poda de viñas de la zona de Requena.
- **Paja de cereal** (en adelante CS): Balas de paja de cereal de longitud corta.

Estos materiales representan una amplia gama de residuos vegetales aptos para el compostaje y de gran disponibilidad en medios rurales (Fig. 4). Tal como se describe en la Tabla 3, el alto contenido de carbono y la elevada proporción C:N los hacen idóneos para el compostaje con un residuo rico en nutrientes como la fracción sólida antes mencionada. Las diferencias en el contenido de nitrógeno, el cociente C:N y el contenido de humedad probablemente están relacionadas con la proporción de tejidos foliares vs. leñosos.

Para el cálculo de las proporciones óptimas de residuo carbonado y fracción sólida de ECOPURIN, se utilizó el programa MIXCALC5 desarrollado por T. Richard (Department of Agricultural and Biological Engineering, Cornell University). Se tomó como objetivo un cociente C:N de la mezcla de 30 y un contenido de humedad de 55 %. La elevada humedad de la fracción sólida hizo innecesaria la adición de agua a las mezclas. El resultado de los cálculos se muestra en la Tabla 4.



**Figura 4.** Residuos carbonados utilizados para el compostaje. Corresponden de izquierda a derecha y de arriba abajo a VI, PH, CS y QI.

**Tabla 3.** Características físico-químicas de los residuos leñosos utilizados para el compostaje. Las abreviaturas corresponden a residuos leñosos de sotobosque de bosque mixto (QI), idem de pinar (PH), restos orgánicos procedentes de la poda de viñas (VI) y paja de cereal (CS).

	CONTENIDO HUMEDAD	CONTENIDO MATERIA SECA	DENSIDAD APARENTE	C	N	C:N
	%	%	g cm <sup>-3</sup>	%	%	
QI	10,0	90,0	0.251	41,2	0,7	58,0
PH	6,5	93,5	0.324	44,5	0,5	82,4
VI	8,3	91,7	0.147	43,4	0,7	63,9
CS	7,2	92,8	0.078	41,9	0,6	73,5



**Tabla 4.** Cantidad de cada uno de los compuestos mezclados, relaciones C:N y contenidos de humedad de la mezcla resultante.

	FRACCIÓN SÓLIDA		RESIDUO CARBONADO		C:N	CONTENIDO HUMEDAD
	L	kg	L	kg		(%)
QI	28	30.8	54.6	13.70	30	62.8
PH	28	30.8	27.8	9.00	30	68.3
VI	20	22.0	58.8	8.65	30	64.3
CS	23	25.3	117.9	9.20	30	65.2

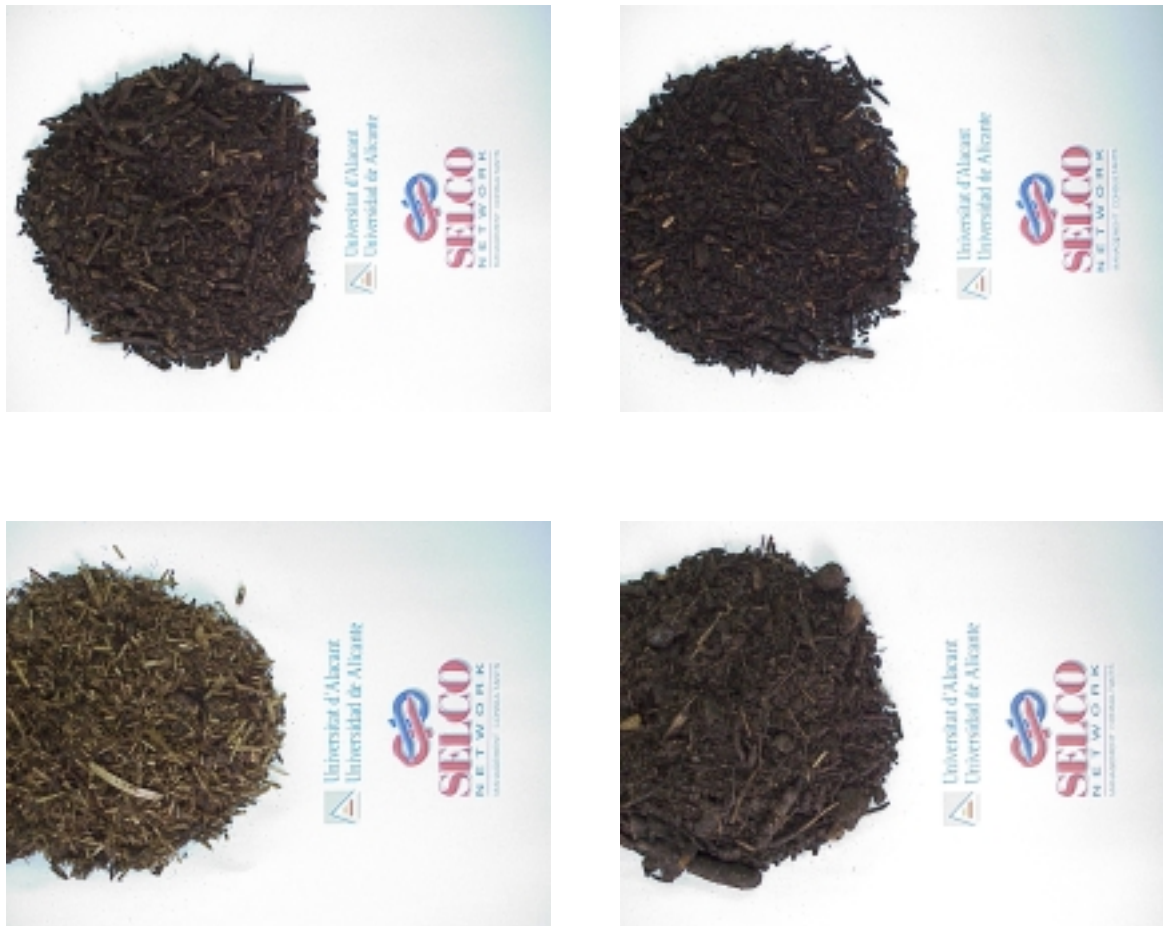
Se elaboraron microcompostadores siguiendo las pautas descritas por T. Richard, N. Trautmann, M. Krasny, S. Fredenburg y C. Stuartern (Cornell Composting, Cornell University) (Fig. 5). Concretamente se utilizaron bidones de plástico de 60 litros, cuyas paredes se perforaron con orificios de 3 cm. Estos contenedores se introdujeron en cubos de 95 litros. En la base del contenedor interior se colocó un soporte para favorecer la recogida de lixiviados.



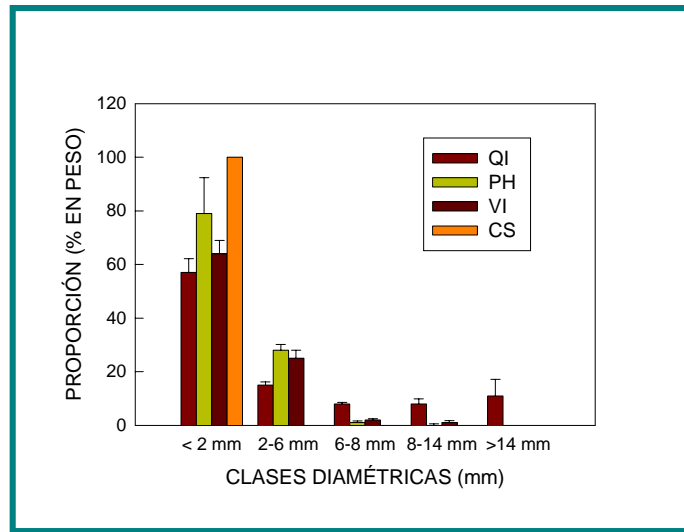
**Figura 5.** Imagen y esquema del microcompostador utilizado (Cornell Composting). (Foto: J. Cortina).

El compostaje se realizó al aire libre entre octubre de 2000 y febrero de 2001, y durante este período las mezclas se voltearon 2 veces por semana. Los compost producidos a partir de restos leñosos (QI, PH, VI) mostraron al final de este período un aspecto óptimo (en términos de esponjosidad, olor, color y humedad), mientras que el compost PA mostraba aún restos poco

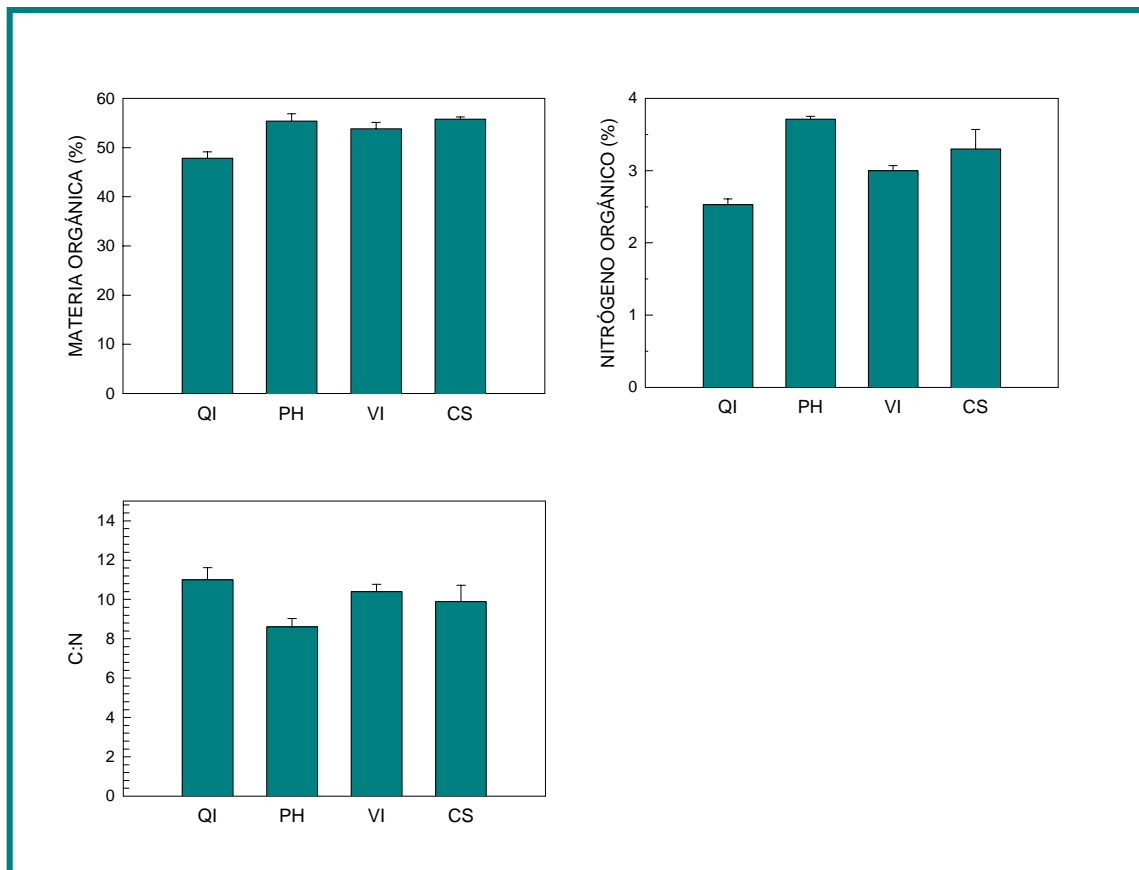
descompuestos de paja y cierto olor a amoníaco (Fig. 6). La granulometría de los compost fue fina, cumpliendo la normativa sobre fertilizantes y abonos orgánicos (orden del 28 de Mayo de 1998) (Fig. 7). El contenido de materia orgánica (calculado a partir del contenido de C total y el factor de Van Bemmelen 1,724) fue elevado (en todos los casos cercano al 50 %) y por tanto de acuerdo también con la citada normativa (Fig. 8). El contenido de nitrógeno



**Figura 4.** Aspecto de los compost producidos. Corresponden de izquierda a derecha y de arriba abajo a VI, PH, CS y QI.



**Figura 7.** Distribución de los tamaños de partículas de los compost producidos. Las barras corresponden a la desviación típica de N=3 réplicas.

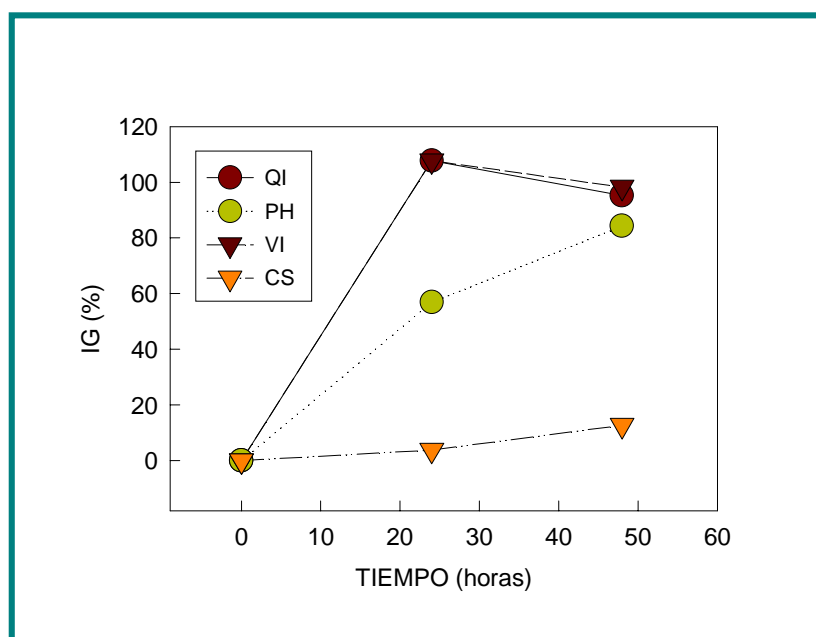


**Figura 8.** Contenido de materia orgánica y nitrógeno total, y relación C:N de los compost producidos. Las barras corresponden a la desviación típica de N=3 réplicas.

osciló entre 2.5 (QI) y 3.7 (PH), superando también el mínimo del 2 % regulado por la legislación (Fig 8). También es el caso de la razón C:N (Fig. 8). Este cociente, cercano a 10 en todos los compost, mostró una notable disminución a lo largo del proceso de compostaje y unas buenas condiciones para la mineralización de N, aunque se debe tener en cuenta que no es un indicador concluyente de la madurez del compost.

Finalmente, la germinación de semillas de *Lolium perenne* en extractos 1:5 (P:V) (Índice de Germinación) mostró un excelente comportamiento de los compost QI, PH y VI (Fig. 9). Los valores bajos de CS, probablemente estén relacionados con una excesiva acumulación de amonio, indicio de falta de maduración de este compost.

A falta de completar la información sobre las propiedades físico-químicas de los compost, los resultados sugieren que los compost QI, PH y VI podrían resultar óptimos para su utilización como sustratos activos en la producción de planta forestal, es decir, como enmiendas que mejoraran las propiedades físicas y químicas de los sustratos actualmente utilizados, cuyo componente principal es la turba rubia de esfagno.



**Figura 9.** Índice de germinación estandarizado de los diferentes compost producidos.

## Agradecimientos

Agradecemos a Francisco García García (TRABISA C/ Perimetral s/n. 46390 San Antonio, Valencia) el habernos proporcionado los residuos leñosos utilizados en esta experiencia. La excelente contribución de Vicente Sanjuán Rizo ha sido imprescindible para la realización del compostaje y la analítica posterior. La colaboración de Jose Valero y Loli Rosillo (OTRI, UAL) ha facilitado los aspectos administrativos del proyecto. Este trabajo ha sido financiado por la empresa SELCO a través del contrato SELCO3-001.

## Bibliografía

- Alcañiz, J.M., Comellas, L. & Pujolà, M. (1997). *Manual de restauració d'activitats extractives amb fangs de depuradora. Recuperació de terrenys marginals*. Junta de Sanejament, Departament de Medi Ambient, Generalitat de Catalunya. 69 pp.
- Arduini, I., Goldbold, D.L. & Onnis, A. (1994). Cadmium and copper change root growth and morphology of *Pinus pinea* and *Pinus pinaster* seedlings. *Physiol. Plant.* 92: 675-680.
- Coll, D. 1993. La intensificación ganadera como proceso de producción de residuos. En: *Jornadas Técnicas sobre Residuos Ganaderos*. Fundación La Caixa. Pp. 5-15.
- Constantini, A., Loch, R.J., Glanville, S.F. & Orange, D.N. (1995). Evaluation of potential to dispose of sewage sludge. I. Soil hydraulic and overland flow properties of *Pinus* plantations in Queensland. *Aust. J. Soil. Res.* 33: 1041-1052.
- Früchtenicht, K.; Hoffmann, G. & Vetter, H. 1978. Is fertilizer application correct with regard to soil fertility, yield, and profit? En: *Düngung, Umwelt, Nahrungsqualität*. VDLUFA, Darmstadt. 152-168.
- Henry, C., Cole, D. & Harrison R.. 1994. Use of Municipal Sludge to Restore and Improve Site Productivity in Forestry: The Pack Forest Sludge Research Program. *Forest Ecology and Management*, 60:137-149.
- Ibáñez Granell, A., Ingelmo Sánchez, F., García Camarero, J. & Sanchís, A. (1994). Regeneración de suelos en cultivos abandonados mediante el uso de lodos y cubiertas vegetales. *Stvdia Oecologica* X-XI: 101-107.
- Junta de Residus (1998). *Guia del compostatge dels residus orgànics generats a les llars*. Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Barcelona. 90 pp.
- Krogmann, U., Qu, M., Bolyes, L.S. & Martel, C.J. (1998). Biosolids and sludge management. *Water Environment Research* 70: 557-580.
- Loftin, S.R. & Aguilar, R. (1994). Semiarid rangeland response to municipal sewage sludge: plant growth and litter decomposition. Pp. 221-229. In: *Sewage sludge: Utilization and the Environment*. SSSA Misc. Publ. Madison.

- Martínez, F.F., Castillo, V., Bago, D., Roldán, A. & Albadalejo (1999). Reforestación en áreas mediterráneas semiáridas. Evaluación de nuevas técnicas: adición de residuos sólidos urbanos. *Foresta* octubre 1999: 136-139.
- McCalla, T.M., Peterson, J.R. & Lue-Hing, C. (1977). Properties of agricultural and municipal wastes. Pp. 11-45. In *Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters*. L.F- Elliott et al. (Eds.) ASA-CSSA-SSSA Publication. Madison.
- Moffat, A.J., Matthews, R.W. & Hall, J.E. (1991). The effects of sewage sludge on growth and foliar and soil chemistry in pole-stage Corsican pine at Ringwood Forest, Dorset. *Can. J. For. Res.* 21: 902-909.
- Navarro Pedreño, J., Moral Herrero, Gómez Lucas & Mataix Beneyto (1995). *Residuos orgánicos y agricultura*. Secretariado de Publicaciones, Universidad de Alicante. 108 pp.
- Navas, A., Machín, J. & Navas, B. (1999). Use of biosolids to restore the natural vegetation cover on degraded soils in the badlands of Zaragoza (NE Spain). *Bioresource Technology* 69: 199-205.
- Pibot, A. (1998). Le recyclage des sous-produits de l'épuration des eaux résiduaires urbaines en forêt méditerranéenne. *Forêt Méditerranéenne* XIX n°1: 34-40.
- Prescott, C.E., McDonald, M.A., Gessel, S.P. & Kimmins, J.P. (1993). Long-term effects of sewage sludge and inorganic fertilizers on nutrient turnover in litter in a coastal Douglas-fir forest. *For. Ecol. Manage.* 59: 149-164.
- Querejeta, J.I., Roldán, A., Albaladejo, J. & Castillo, V. (1998) The role of micorrizae, site preparation, and organic amendment in the afforestation of a semi-arid Mediterranean site with *Pinus halepensis*. *For. Sci.* 44:203-211.
- Seva, J.P., Vilagrosa, A., Valdecantos, A., Cortina, J., Vallejo, V.R. & Bellot, J. (1996). Mycorrhization et application du compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Quercus ilex* ssp. *ballota* en milieu sec. *Cahiers Options Méditerranéennes* 20: 105-121.
- Slick, B.M. & Curtis, W.R. (1985). Guide for the use of organic materials as mulches in reclamation of coal minesoils in the Eastern United States. EN For. Exp. Stn, Broomall PA. Report PB85-193191.
- Soliva, M. (1999). Aplicación del compostaje a la obtención de productos alternativos a los sustratos tradicionales. Pp. 51-93. In *Tecnología de Substratos*. Pastor Sáez, J.N. (Ed.). Publicacions de la Universitat de Lleida.
- Sort, X. (1997). Propietats estructurals d'n sòl restaurat amb fangs de depuradora. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona.
- Torbert, J.L. & Johnson, J.E. 1993. Establishing american sycamore seedlings on land irrigated with paper mill sludge. *New Forests* 7:305-317.
- Valdecantos, A. (2001). Aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos en la repoblación de zonas forestales degradadas de la Comunidad Valenciana. Tesis doctoral. U. d'Alacant.
- Valdecantos, A., Cortina, J. & Vallejo, V.R. (2000). Respuesta de plantones de pino carrasco y encina carrasca a la fertilización. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.* 10: 63-68.



- Valdecantos, A., Vilagrosa, A., Seva, J.P., Cortina, J., Vallejo, V.R. & Bellot, J. (1996). Mycorrhization et application du compost urbain pour l'amélioration de la survie et de la croissance des semis de *Pinus halepensis* en milieu semiaride. *Cahiers Options Méditerranéennes* 20: 87-104.
- Valdecantos, A., Cortina, J., Fuentes, D., Casanova, G., Díaz, J.M., Llavador, F. & Vallejo, V.R. (2001). Use of biosolids for reforestation in the Region of Valencia (E Spain). First results of a pilot project. ORBIT 2001 International Congress. *Biological processing of waste: a product-oriented perspective*. Sevilla (SPAIN), May 2001.
- Williams, P.T. (1998). Waste treatment and disposal. J. Wiley & Sons. Chichester.